

Erythroxylum coca Lam. var. *coca*.
Estereomicroscopía. A. Galindo.

A. Galindo Bonilla^{1,2,*}, J. L. Fernández-Alonso²

1 Laboratorio de Botánica Forense. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Bogotá. Colombia.
lienix.n@gmail.com

2 Profesor, Ph.D. Instituto de Ciencias Naturales. A.A. 7495, Universidad Nacional de Colombia. Ciudad Universitaria. Bogotá. Colombia.
jlfernandez@unal.edu.co

* Autor para correspondencia

Especies cultivadas del género *Erythroxylum* P. Browne. Revisión del tema desde la perspectiva forense

RESUMEN

El análisis taxonómico del material vegetal ha cobrado gran importancia en el apoyo a la administración de justicia a nivel mundial y también tiene una aplicación promisorio en Colombia. En este país, la principal demanda por servicios forenses hasta el año 2008 se relacionó con el estudio de las plantas procedentes de cultivos ilícitos, cuyo primer renglón desde el año 2006 son las especies cultivadas del género *Erythroxylum* P. Browne, comúnmente denominadas plantas de coca. En el país y en el mundo se presenta una revisión temática sobre el estado de estas especies.

ABSTRACT

Taxonomic analysis of vegetable material has gained a great importance for the Justice Administration at a worldwide level and it also has a promising application in Colombia. Until 2008, the main demand at a forensic level in the country was related to the study of plants coming from illicit crops with *Erythroxylum* P. Browne species, commonly named coca plants, being the main subject of study from 2006. A bibliographic review of the state of art about those species covering world wide and local perspective were done.

I. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las características detalladas de las plantas, aplicado desde la perspectiva forense (botánica forense), ha tenido un desarrollo relativamente reciente en el ámbito internacional; la identificación de muestras vegetales o sus fragmentos ha sido de gran ayuda en diversos procedimientos encaminados a rastrear y reconstruir eventos en el campo de la criminalística, detectando relaciones entre las personas involucradas dentro de la investigación y la escena de los hechos.

En Colombia, el estudio de las plantas alucinógenas y/o tóxicas ha tenido un desarrollo importante desde el punto de vista médico, farmacológico, veterinario y etno-botánico en general, pero desde la perspectiva forense ha sido escasamente abordado (Fernández-Alonso et al., 2007).

El Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF) ha desarrollado el proyecto que incorpora formalmente el análisis botánico del material vegetal, como parte de las pruebas en las investigaciones judiciales. A partir de la casuística nacional, se ha detectado como punto crítico el estudio de las especies procedentes de los cultivos ilícitos y las incautadas en relación con la producción de sustancias estupefacientes. Ya que el concepto pericial se puede constituir en uno de los más importantes elementos para la administración de justicia en Colombia; por ejemplo, dentro de un proceso como la extinción del dominio, es posible determinar si un cultivo es lícito o no al establecer la identidad taxonómica de las plantas que lo constituyen, para así conocer su propiedad natural de generar sustancias que pueden causar dependencia en los seres humanos.

En Colombia, las plantas de las que se extraen sustancias que producen dependencia psíquica y/o física y que se encuentran sometidas a control especial son principalmente las denominadas en el contexto popular como marihuana (*Cannabis sativa* L.), amapola (*Papaver somniferum* L.) y cocas cultivadas (*Erythroxylum coca* Lam. y *E. novogranatense* (Morris) Hieron.) (Ley 30 de 1986 y normas complementarias; Ley 793 de 2002).

Desde el año 2006 hasta la fecha, la solicitud más frecuente para investigación de las autoridades colombianas sobre el material vegetal incautado en presuntos cultivos ilícitos, ha correspondido a las especies cultivadas del género *Erythroxylum* y la demanda por estudios forenses excedió más de cuatro veces las estadísticas de años anteriores. El incremento observado, es consecuencia principal del desarrollo del plan de la Presidencia de la República para la erradicación manual de los cultivos ilícitos dentro del programa estatal de lucha contra el narcotráfico (Fernández-Alonso et al., 2007).

La revisión del conocimiento formal a partir de las fuentes de primera mano que hablan acerca de la biología, etnobotánica y la situación taxonómica rigurosa de las especies cultivadas conocidas como plantas de coca es imprescindible, dada la sorprendente cantidad de información asociada a las mismas. Los entornos de uso de este estudio son tan variados como el campo de cultivo, los estrados judiciales y aun como la práctica pericial ya que en muchos casos, se tiene información inexacta o errónea acerca de la morfología u otros aspectos naturales de las especies empleadas en la producción del alcaloide cocaína.

Por tal razón se presenta una revisión de la literatura científica con énfasis en la biología y estatus taxonómico de estas plantas, la cual hace parte del estudio formal de las especies cultivadas del género *Erythroxylum* (*Erythroxylaceae*) y su aplicación en el contexto de la botánica forense en Colombia.

Estos aspectos son tratados en un artículo científico en elaboración, donde se presenta una serie de resultados en los cuales se encontró que el estado actual de las especies de interés en este género, presenta

diferencias bastante marcadas en relación con los cultivos de hace casi dos décadas, puesto que los caracteres que definen estas especies han sido poco explorados actualmente (Galindo, 2008).

Todo lo anterior, ha obligado a reflexionar sobre los procedimientos de identificación taxonómica de las plantas psicotrópicas en el contexto forense, a la par de la urgente necesidad de plantear el análisis taxonómico vegetal riguroso, como elemento imprescindible para la determinación de las especies de coca cultivadas, involucradas en procesos judiciales. Hoy se cuenta con estudios recientes que fortalecen la base para la sustentación de los informes periciales en el Juicio Oral sobre esta materia (Galindo, 2005; 2008; 2009).

II. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO DE LAS ESPECIES DE COCA CULTIVADAS

1. Taxonomía

Género *Erythroxylum*

P. Browne

Erythroxylum es un género pantropical que cuenta con 230 especies, aproximadamente, de las cuales, cerca de 190 se encuentran en el Neotrópico y al que pertenecen las comúnmente denominadas plantas de coca (Plowman & Rivier, 1983; Plowman & Hensold, 2004).

En 1907, O. E. Schulz, dividió el género en 17 secciones, basándose principalmente en caracteres de la estípula foliar, mediante la presencia o ausencia de estrías longitudinales en la estípula; separando a *Pogonophorum*, *Macrocalyx* y *Rhabdophyllum* con estípulas estriado-nerviadas de las secciones *Leptogramme*, *Heterogyne*, *Archerythroxylum*, *Megalophyllum*, *Mastigophorum*, *Microphyllum*, *Melanocladus*, *Gonocladus*, *Sethia*, *Lagynocarpus*, *Coleocarpus*, *Eurysepalum*, *Venelia*, *Pachylobus*, *Schistophyllum* y *Oxystigma*, las cuales no presentan estriaciones. Para Plowman (1989), las especies del Neotrópico se separan sólo en dos grandes grupos: sección *Archerythroxylum* de estípulas lisas y sección *Rabdophyllum* de estípulas estriadas, porque considera las otras secciones como artificiales.

Sección *Archerythroxylum*

O. E. Schulz

Schulz, agrupó 57 especies en la sección *Archerythroxylum* (Schulz, 1907) y en un trabajo posterior incluyó 8 especies más (Schulz, 1931). De todas ellas actualmente se registran 4 como de estatus incierto; *E. cyclophyllum* O.E. Schulz, *E. exaltatum* Bong. ex Peyr., *E. flaccidum* Salzm. ex Peyr. y *E. rosuliferum* O.E. Schulz, y 5 pasaron a sinonimia; *E. amplifolium* (Mart.) O.E. Schulz, *E. aristigerum* Peyr., *E. obovatum* Macfad., *E. ovatum* Cav. y *E. rigidulum* DC (Plowman & Hensold, 2004).

Muchas de las especies del género son difíciles de distinguir debido a su gran variabilidad. Especies silvestres de la sección *Archerythroxylum*, tales como *Erythroxylum hondense* Kunth, *E. cataractarum* Spruce ex Peyr., *E. gracilipes* Peyr. y *E. carthagenense* Jacq., están íntimamente relacionadas y son a menudo confundidas con las especies cultivadas (Plowman, 1980a; Holmstedt et al., 1977). García-Barriga señala por lo menos 18 especies del género que tienen interés medicinal (García-Barriga, 1992).

Las especies cultivadas

Estas corresponden a dos especies taxonómicamente definidas: *Erythroxylum coca* Lam. y *E. novogranatense* (Morris) Hieron., de las que actualmente se reconocen las variedades *Erythroxylum coca* Lam. var. *ipadu* Plowman y *E. novogranatense* (Morris) Hieron. var. *truxillense* (Rusby) Plowman. Estas plantas han sido del interés de botánicos, horticultores y farmacéutas desde fines del siglo XIX, lo cual ha conllevado a un largo debate sobre la identidad correcta de estas entidades conocidas bajo el nombre común de coca (Plowman, 1982).

Su historia es compleja y fue seguida muy de cerca en la década de los años 70 y 80, principalmente por el botánico Timothy Plowman, quien estudió no sólo sobre los aspectos botánicos de estas dos especies sino también sobre los químicos, biogeográficos, ecológicos y genéticos, con importantes aportes al conocimiento del género y en particular de estas dos especies. En sus escritos muestra cómo muchos de los primeros estudiosos sólo pudieron acceder al material de herbarios o antiguas ilustraciones, ante la dificultad de conseguir material vegetal reciente de

primera mano. Se apoyaron excesivamente en las determinaciones, algunas veces erróneas, del material y generaron gran ruido de fondo, que complicó enormemente la taxonomía de este grupo (Plowman, 1982). Siguió prevaleciendo conceptos equivocados en la literatura de la farmacognosia, debido a que sus autores no conocieron el excelente trabajo sobre el género de O. Schulz (Plowman, 1982), más tarde actualizado con las exploraciones de R. E. Shultes y con el muy completo trabajo de T. Plowman.

De las especies cultivadas, en Colombia se registraron hasta el año 2006 por lo menos 8 nombres comunes; *Pajarito*, *Tingo María*, *Peruana*, *Dulce*, *Amarga*, *Caucana*, *Boliviana Blanca* y *Boliviana Roja* (ONU-Gobierno de Colombia, 2004; 2006; Galindo 2008) y más recientemente se ha mencionado una nueva variedad: *Boliviana negra*, que si bien no posee información registrada en la literatura especializada acerca del tema, en el contexto popular los medios de comunicación afirman que ha sido modificada genéticamente (Davis, 2004).

Se trata a continuación las cuatro entidades taxonómicas reconocidas formalmente en la actualidad:

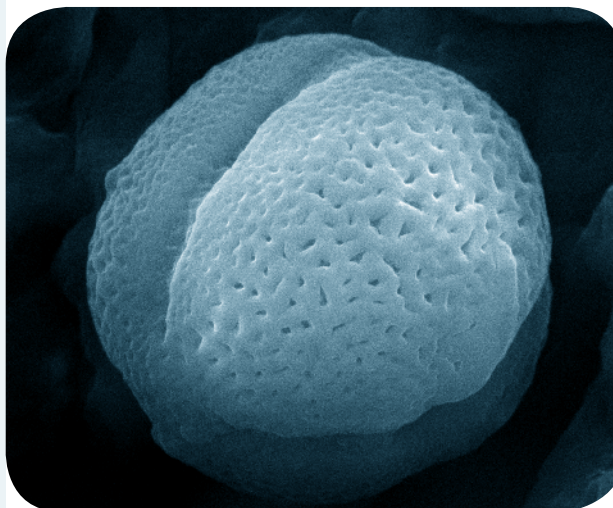
a. *Erythroxylum coca* Lam.

• *E. coca* Lam. var. *coca*. (Nombres comunes: Huánuco, Boliviana).
Descrita por Lamarck en la *Encyclopédie Méthodique* en 1786, a partir de los especímenes colectados por J. de Jussieu en la provincia Boliviana de Yungas (Lamarck, 1786), donde consumían las hojas de coca en grandes cantidades durante el pesado trabajo en las minas del país en 1749 (Plowman, 1982).

Históricamente se considera la más importante especie comercial nativa de la zona de montaña de los Andes orientales, extendiéndose desde Ecuador hasta Bolivia. Se cultiva entre 500 y 1.500 m, en un área caracterizada por alta pluviosidad, temperaturas moderadas y suelos bien drenados y ricos en minerales (Plowman, 1980b). Su nombre común procede de la localidad de Huánuco en Bolivia, dado por el comercio del siglo XIX en el Perú a esta planta de hojas grandes, de color verde oscuro y sabor amargo, para diferenciarla en ese entonces de la coca Trujillo, procedente del

pueblo de Trujillo en Perú, de hojas más pequeñas de color verde brillante y sabor dulce (Machado, 1972).

Aunque no se conoce su origen con exactitud, se ha propuesto un origen austral para esta especie (Plowman, 1980b) y parece que se ha cultivado en las montañas desde hace varios años. Poco conocida fuera de Suramérica y cultivada sólo ocasionalmente en jardines botánicos e invernaderos, raramente se le encuentra en estado silvestre; y en estos casos, siempre se ha visto creciendo cerca de áreas de cultivo de coca, como



Erythroxylum coca Lam. cf. var. *coca*. SEM. Aida Galindo, CEIF-UN.

remanentes de plantaciones abandonadas. Estas plantas escapan fácilmente del cultivo y prosperan en la montaña peruana debido probablemente a que este podría ser el hábitat natural y su centro de origen (Plowman, 1980b). La semilla tiene un alto grado de mortandad, lo cual es un impedimento fuerte para la dispersión natural, a lo que se suma la acción humana en la coca cultivada en hábitats más secos y menos hospitalarios (Plowman, 1980b)

Muchas variantes menores de la especie, desde el punto de vista químico y morfológico, son reconocidas con nombres locales y generalmente representan a las inducidas por el medio ambiente. Una versión ecológica con hojas excepcionalmente pequeñas fue erróneamente descrita por Machado en 1968 como la especie *E. chilpe* (Plowman, 1980b).

Otras variedades parecen ser de origen genético, produciendo diferencia en el hábito, forma y tamaño de la hoja, del fruto y contenido de alcaloide. Se han hecho muchos intentos para asignar

nombres botánicos a estas variantes locales, por ejemplo: var. *lambran* o forma *mollecoca*, f. *ovoide* o f. *fusiforme* (Plowman, 1980b), que no conllevan un estatus taxonómico formal, pero conforman un dato interesante. Machado menciona en su trabajo sobre las cocas del Perú a *E. coca* cv. *lambran*, la cual se encontró a más de 1.000 m y presentó el más alto contenido de cocaína (1.12%). Por otra parte, *E. coca* cv. *mollecoca* se encontró por debajo de los 1.000 m y con un contenido de cocaína de 0.86%. y *E. var. fusiforme* por debajo de 1.000 m en Tingo María y Monzón (Perú), en suelos con zonas muy inclinadas y

predominantemente arcillosas, en el Departamento de Huánuco (Machado, 1972). Si bien estos taxones han sido revaluados posteriormente, esta gran variación refleja la larga historia del cultivo de la coca en una amplia variedad de micro-hábitats y en parcial aislamiento en muchos valles andinos (Plowman, 1980b).

• *Erythroxylum coca* Lam. var. *ipadu* Plowman (Coca amazónica).

Es una forma distinta de coca, cuya variedad es taxonómicamente aceptada y cultivada en pequeña escala por tribus indígenas de la cuenca del Amazonas. Se ha postulado que el origen de *Erythroxylum coca* se dio en las selvas amazónicas y que fue traída más tarde a los Andes; pero Spix y Martius en 1831, junto con Plowman (1980b), opinan por el contrario que la variedad *coca* no es originaria de la región amazónica, sino más bien la variedad *ipadu* como derivada de aquella, debido a que esta forma amazónica no crece bien en tierras tropicales bajas, es de corta vida, más débil que la de

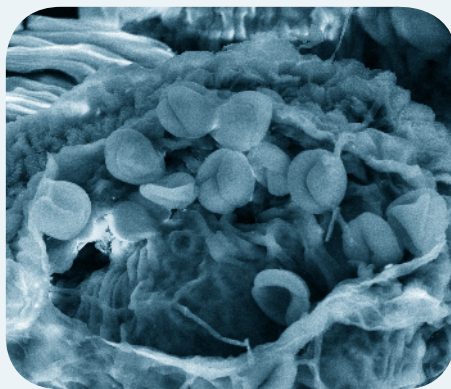
montaña y se reproduce principalmente mediante esquejes, por lo que en raras ocasiones produce semillas viables y no persiste fácilmente en competencia con la vegetación secundaria que crece cuando se abandona una plantación (Plowman 1980b, Schultes 1980). Recientemente en la historia del uso de las plantas de coca, se ha empezado a cultivar la variedad *ipadu* como fuente de cocaína ilícita (Plowman, 1982).

b. *Erythroxylum novogranatense* (Morris) Hieron.

• *E. novogranatense* (Morris) Hieron. var. *novogranatense* (Nombre común: Coca colombiana).

Hasta 1862, las plantas de coca cultivadas se incluyeron en una sola especie; *E. coca* Lam, Triana y Planchon, fueron los primeros autores en poner en duda este concepto y aunque asignaron los especímenes colombianos de coca a *E. coca* Lam., plantearon la posibilidad de que correspondieran a otra especie, pero finalmente consideraron que las diferencias eran muy pequeñas como para separarlas en dos especies diferentes (Plowman, 1982). La especie fue descrita por D. Morris en 1889 y se le conoce comúnmente como *coca colombiana*. Ha sido ampliamente cultivada por todo el trópico del Viejo Mundo desde fines del siglo XIX en horticultura y en Java se desarrolló una gran industria de cocaína que duró poco tiempo. Hasta hace pocos años se cultivaba esta especie como ornamental en Ceilán, India, Hong Kong, África tropical, Jamaica y Florida (Plowman, 1980b).

En tiempos precolombinos se cultivaba extensamente a lo largo de la costa Caribe de Suramérica septentrional, en partes adyacentes de América Central y en el interior de las montañas de Colombia. En Colombia fue llamada *Hayo*, nombre que aún es usado en la Sierra Nevada de Santa Marta, mientras que el nombre *coca* fue conocido cuando los españoles lo trajeron del Perú, después de la conquista (Plowman, 1980b). Para 1980 se encontraba muy restringida en su área nativa de distribución; era casi desconocida en Venezuela, muy raramente cultivada como ornamental en Centro América y en Colombia sólo existían plantaciones en la Sierra Nevada de Santa Marta y en las montañas de los Departamentos de Cauca



Erythroxylum coca Lam. cf. var. *coca*. SEM. Aida Galindo, CEIF-UN.

y Huila, cultivadas por tribus indígenas de estas zonas. También se mencionaba que en Colombia, a diferencia de Perú y Bolivia, no existía comercio abierto de hojas de coca colombiana. No se encuentra en poblaciones semisilvestres y frecuentemente se encuentran plantas dispersas por las montañas de Colombia, siempre cerca de lugares anteriormente habitados (Plowman, 1980b).

E. novogranatense ha sido diferenciada de *E. coca* por una diversidad de caracteres que incluyen morfología, anatomía, ecología, química, sistema de cruzamiento genético y distribución geográfica (Schulz, 1907; Plowman, 1980a; Plowman, 1982; Plowman & Rivier, 1983; Bohm et al., 1982). Se sabe que es nativa de Colombia y Venezuela y es probablemente la clase de coca cultivada en los tiempos de la preconquista en América Central (Plowman, 1980b; 1982). Hasta hace algunos años era empleada para masticación sólo por algunos indígenas poco conocidos de las montañas colombianas y como fuente menor para la producción de cocaína (Plowman, 1982).

Esta especie ofrece una alta resistencia a la sequía y se adapta a condiciones ecológicas variables, es parcialmente autoincompatible y produce cantidad abundante de semillas en cultivo. La facilidad de su cultivo da razón de su aparición temprana en la horticultura europea del siglo XIX, cuando se generaron los debates sobre la identidad de la famosa planta de Kew en Inglaterra y más tarde de la aparición de la planta de Java en las Indias Orientales (Plowman, 1980b, 1982).

• *E. novogranatense* (Morris) Hieron. var. *truxillense* (Rusby) Plowman (Nombre común: Coca Trujillo).

También conocida como *coca peruana*, cultivada originalmente en la ciudad de Trujillo en el norte de Perú, desde donde se exporta hasta el día de hoy por sus propiedades saborizantes. Se embarcan cientos de toneladas desde esa población hacia Nueva York para la preparación de extractos y también para la elaboración de productos farmacéuticos (Plowman, 1980b). Cultivada en el valle árido del río Marañón desde hace 3000 años aproximadamente, está ecológicamente bien adaptada a ambientes desérticos (Rostworowski, 1973) y al parecer fue introducida en el Perú durante el periodo Incaico (Machado, 1972). Es altamente apreciada por los masticadores de coca por su excelente sabor y contenido de cocaína; sin embargo, debido a la dificultad de su extracción y la cristalización del alcaloide puro, un hecho conocido desde el siglo XIX, la coca Trujillo ha sido poco usada en el mercado ilegal de producción de cocaína (Plowman, 1982).

Por otra parte, debido a que es especialmente alta en compuestos saborizantes, ha sido usada desde esa época en la producción de bebidas saborizadas y vinos; el más famoso de los cuales, el *Mariani* era la bebida preferida de la élite mundial tanto que fue recomendado hasta por el Papa de entonces (Davis, 2001). La mayor proporción de la producción de los cultivos de la coca de Trujillo se consume en la manufactura de extractos descocainizados para la bebida Coca Cola® (Plowman, 1982).

La variedad *Trujillo* es morfológicamente similar a la *Coca colombiana* y según informó Plowman, difiere ligeramente en los caracteres florales y vegetativos, mostrando considerable variación morfológica en relación con la distribución geográfica. Puede distinguirse de la colombiana por sus hojas más pequeñas, ligeramente más gruesas, con mayor tolerancia a la sequedad, pero cuyas semillas son particularmente sensibles a la desecación. Siempre se encuentra en cultivos irrigados, es la más dependiente de la intervención humana y corresponde a un *cultigen* (Plowman, 1980b). Esta variedad es intermedia en algunos caracteres entre las variedades *novogranatense* y *coca*, mostrando mayor

afinidad con esta última por su morfología, anatomía, química de flavonoides, tolerancia ecológica y relaciones de cruzamiento (Plowman, 1982).

Según indica Plowman, se hicieron vastos plantíos de coca *Trujillo* cerca de Tingo María en Perú y a los pocos años la mayoría de estas plantas débiles y enfermas murieron (Plowman, 1982).

2. Fitoquímica

Con base en los estudios químicos de componentes en flavonoides en las cuatro variedades de las especies cultivadas, Bohm y colaboradores (1982) concluyeron que existe un perfil característico para cada una de ellas. Se informó que las variedades de *E. novogranatense* están mas relacionadas entre ellas que con las variedades de *E. coca*; la variedad *novogranatense* presenta el arreglo más simple con 3-O monoglicósidos y 3-O-rutinósidos, mientras que la var. *truxillense* presenta los 3-O rutinósidos de *truxillense* y además 3-O monoglicósido y 3-O arabinósido. Por otra parte, ambas variedades comparten exclusivamente el raro flavonoide Ombuin 3-O-rutinósido así como rutinósidos de Quercetina y Kaempferol y trazas de flavonol-triglicósidos, todos estos ausentes en *E. coca*. Por su parte, *E. coca* var. *coca* tiene 3-O monoglicósido y 3-O arabinósido pero no rutinósidos y además contiene 5 diglucósidos. Sobre la var. *ipadu* no se tienen registros en este estudio, aunque se sugiere que el patrón de flavonoides de las dos variedades de *E. coca* pueden ser muy similares (Bohm et al., 1982). En un estudio posterior, otros autores presentaron diferencias morfológicas y químicas para esta variedad (Johnson 1998).

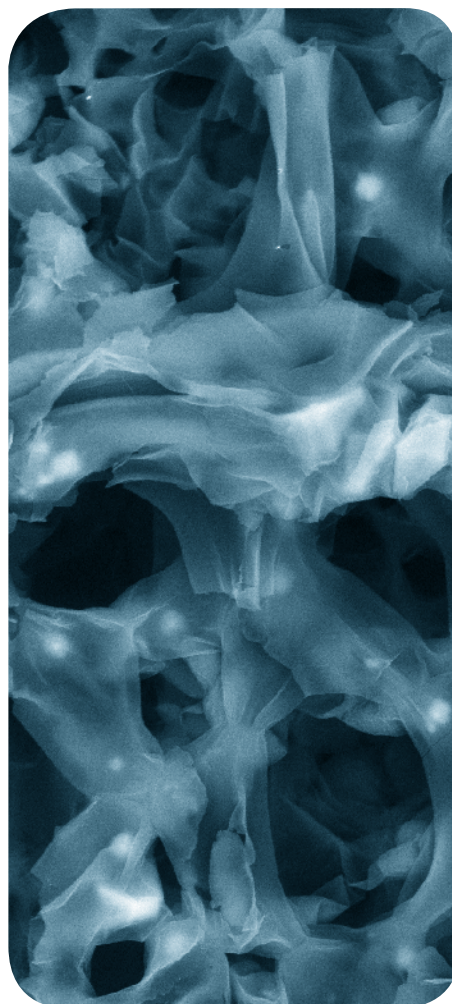
En cuanto al contenido de cocaína, se estableció que *E. coca* var. *coca* contiene un rango de 0.23-0.96%, la variedad *ipadu* 0.11-0.41%, mientras que *E. novogranatense* var. *novogranatense* 0.55-0.93% y la variedad *truxillense* 0.42-1.02%, siendo estas últimas las de más alta producción del alcaloide. Por otra parte, también se encontró cocaína, aunque en menor concentración, en las hojas de 13 de las 29 especies silvestres estudiadas (Plowman & Rivier, 1983). Posteriormente se han realizado otros estudios en especies silvestres empleando métodos mucho más sensibles que amplían el inventario de

especies del género *Erythroxylum* que producen cocaína y confirmando que la elaboración de cocaína es independiente de la sección o de la relación entre las especies. Un par de estos estudios informa que las muestras analizadas fueron colectadas 20 a 24 años atrás (Bieri et al., 2006) y hasta 44 años antes (Aynilian, 1974), logrando rastrear y cuantificarla. Bieri y colaboradores rastrearon cocaína en 23 de 51 especies silvestres analizadas, cuyo contenido fue inferior al 0.001%, exceptuando a *E. laetevirens* O. E. Schulz, que contiene una cantidad 10 veces mayor que las otras especies silvestres.

3. Genética

En 1978, durante un estudio citológico preliminar para cinco especies de *Erythroxylum*, Plowman y colaboradores determinaron como $n=12$ el número cro-

Erythroxylum coca
Lam. var. *coca*. SEM.
Aida Galindo, CEIF-UN.



mosómico básico para el género, presentando una irregularidad en los microsporositos de uno de los especímenes de *E. coca*. También se mencionan trabajos previos que al parecer pudieron tener problemas, debido a la identificación errónea de los especímenes utilizados en el análisis (Plowman, 1978).

Por otra parte, se realizaron ensayos de cruzamiento entre las variedades y se concluyó que al menos parcialmente, las cuatro variedades de interés en el presente estudio están genéticamente aisladas entre ellas; lo que no sucede con las variantes *coca* e *ipadu* porque los cruzamientos entre ellas fueron efectivos, aunque la progenie murió antes de florecer sin dejar descendencia. Con respecto a los cruces entre las variedades de *E. novogranatense*, no se informaron resultados significativos; al cruzar *E. coca* var. *coca* con *E. novogranatense* var. *novogranatense*, no se obtuvo progenie y al hacerlo entre la variedad *coca* con *truxillense*, la primera generación filial presentó individuos morfológicamente anormales de baja talla y al parecer estériles (Bohm et al., 1982). Los autores concluyeron que no es posible la autofertilización en ninguna de las variedades, excepto la variedad *novogranatense* que presentó autocompatibilidad parcial, confirmando que la heterostilia es un sistema de autoincompatibilidad fuerte (Bohm et al., 1982, Ganders, 1979a) y debido a que la pérdida de autoincompatibilidad en un sistema heterostilo es un carácter derivado (Ganders, 1979b) se apoya la hipótesis de que *E. novogranatense* var. *truxillense* representa un estado intermedio en la evolución de la var. *novogranatense* a partir de *E. coca* var. *coca*.

Mediante el análisis del material genético de las especies cultivadas de coca, empleando AFLPs, Johnson y colaboradores (Johnson et al., 2003, 2005) estudiaron las cuatro variedades cultivadas experimentalmente en Estados Unidos desde fines de la década de los ochenta y que procedían de Bolivia y Colombia, encontrando un alto nivel de variación en los 4 taxones cultivados. Johnson et al. plantean que no se encontraron diferencias significativas entre los 4 taxones, pero que se halló una distancia apreciable entre las dos variedades de *E. coca* y una no significativa entre las dos variedades de *E.*

novogranatense. También informan que la diversidad genética es más alta en *E. novogranatense* que en *E. coca* (Johnson et al., 2005).

4. Biosistemática de las cocas cultivadas

La Biosistemática, a diferencia de la taxonomía clásica, estudia los organismos desde la perspectiva taxonómica a nivel poblacional más que individual, dentro del contexto de los procesos de cambio evolutivo. Según la literatura sobre el tema, *E. coca* var. *coca* y las dos variedades de *E. novogranatense* presentan una separación en la distribución y no se les ha visto crecer cerca en la misma área, por lo que se postula que no hay oportunidad para la hibridación; aunque también se propone que podría haber sucedido en el pasado. Para Plowman, era probable que en Ecuador, donde desapareció el uso de la coca y se erradicó la planta, existieran variedades locales con el fenotipo intermedio entre las variedades arriba mencionadas, ya que encontró escasos especímenes en la montaña oriental de Ecuador y en las lomas de los Andes ecuatorianos, incluyendo *E. novogranatense* y probablemente *E. nov. var. truxillense* a lo largo de la frontera con Colombia (Plowman, 1980b).

Desde el punto de vista filogenético se afirma que la presencia de los diferentes tipos de flavonoides en la caracterización de las variedades, parece ser aditiva y en ese sentido probablemente las variantes *novogranatense* y *truxillense* estarían más cercanamente relacionadas entre ellas que con la variedad *coca*. Entre estas dos, la variedad *truxillense* sería la más cercanamente relacionada con *E. coca* var. *coca*, según el contenido de flavonoides y los resultados del cruzamiento reproductivo. Con base en las relaciones genéticas y geográficas se propuso la hipótesis de que la variedad *truxillense* haya evolucionado directamente de *E. coca* var. *coca* por medio de la selección intensiva en el cultivo, en hábitats más secos (Bohm et al., 1982). Aunque mediante el análisis de AFLPs se cuestiona esta hipótesis, con base en la alta diversidad genética de *E. novogranatense* (Johnson et al., 2005).

5. Etnobotánica

La coca, una de las plantas domesticadas desde tiempos antiquísimos en Suramérica, es nativa de la zona montañosa de los Andes orientales, donde su empleo se remonta a la época precolombina sudamericana (Rury & Plowman, 1983; Paz-Estenssoro, 1988; Rottman, 1997; Díaz-Piedrahíta, 1998). Aunque en la actualidad las plantas de coca se emplean de forma ilícita para la producción de cocaína, fue desde épocas precolombinas, no sólo planta sagrada, sino motivo de complejas disputas y conflictos sobre su manejo.

En las Crónicas de Indias, José de Acosta ya observaba que la coca era muy apreciada por los indígenas y que en alguna época, solamente era posible consumirla con el permiso expreso de su gobernante (Acosta, 1590). Diversos cronistas de la época registran la fuerte presencia de la hoja de coca en la vida indígena americana, describiendo con detalle y algunas veces con desagrado las diversas formas de consumo de la hoja (Sejourne, 1971). Aunque no era la élite quien tenía exclusivo acceso a la hoja, sino que hacía parte importante de la estructura cultural (Davis, 2001), también hay registros acerca del fuerte conflicto étnico por la tierra y los cultivos de coca desde el siglo XVI en Perú (Rostworowski, 1988).

Erythroxylum coca Lam. var. *coca*. Estereomicroscopía.
A. Galindo



Como se sabe, desde principios de 1860 hasta 1900, la cocaína aumentó en popularidad, primero como medicina prescrita por los médicos y con grandes avances en este campo; posteriormente, el extracto de coca causó sensación como bebida social y fue convertida en infusión refrescante y estimulante. Finalmente, después de varios casos de toxicidad aguda, pasó a ser de uso limitado y controlado mediante leyes sucesivamente restrictivas (Davis, 2001).

En el mundo andino prehispánico, el uso de la hoja de coca estaba presente en actos sociales y ceremonias para estimular los lazos de solidaridad. Se encuentran vestigios de hojas de coca en ajuares funerarios, demostrando su uso ritual y cotidiano. Las investigaciones antropológicas y arqueológicas demuestran la utilización de la coca en Suramérica y parte de Centroamérica; por lo menos desde hace 5.000 años, se tiene la certeza de que la totalidad del mundo andino consumió hojas de coca por contactos culturales, por trueque o autosostenimiento (Belmonte et al., 2001; Vásquez, 2003; Lathrap, 1976 citado en Plowman, 1980b). A partir de la llegada del hombre europeo a América, su producción y consumo se centralizó especialmente en la cordillera de los Andes (Vásquez, 2003).

La hoja de coca ha jugado un papel muy importante en la vida de los nativos de Suramérica por miles de años y también para los habitantes rurales; además de su alta apreciación en el contexto mágico-religioso, como planta sagrada, también es muy valorada como medicina y estimulante suave. Por otra parte, además de las pequeñas cantidades del alcaloide cocaína, contiene algunos alcaloides menores, aceites esenciales; y en la década de los setenta, se estudiaron las hojas de las plantas de coca cultivadas y al ser comparadas con 50 alimentos consumidos tradicionalmente en América Latina, las primeras superaron a los segundos en promedio de calorías, proteínas, carbohidratos y fibra, y con suficiente calcio, hierro, fósforo, vitamina A y riboflavina, de tal forma que 100 gramos de hojas satisfacen el complemento dietético diario de estos nutrientes para una persona (Duke et al., 1975; Plowman, 1980b).

En Bolivia, las dos principales regiones de cultivo de coca se encuentran en la zona montañosa de Yungas, en el Departamento de La Paz (1.000-2.000m) y en las tierras bajas más húmedas en Chapare, Cochabamba (500 m). En el mercado tradicional las hojas de coca que proceden de Yungas (*coca paceña*) son preferidas sobre la *coca chapareña*, debido a que su sabor es más dulce y aromatizado (Sauvain et al., 1997).

En la región occidental del Amazonas se cultiva la variedad *ipadu*, especialmente en Colombia, Ecuador y Perú. La presencia de esta variedad de *E. coca*, profundamente arraigada en el mundo mágico-religioso de los indígenas suramericanos, sugiere que la variante no es de aparición reciente sino que tiene una larga historia en la región del Amazonas, debido a su uso sacro. Muchas leyendas similares de diferentes tribus del noroccidente del Amazonas, se refieren al origen sobrenatural de *E. coca* y todas hablan de su gran antigüedad. (Schultes, 1980).

El uso de la coca en algunas tribus, está restringido a la población masculina, al igual que otra planta sagrada como el *yagé*; los hombres la cultivan, cosechan sus hojas, las preparan y consumen, pero nunca lo hacen las mujeres. El cultivo de coca se mantiene casi siempre lejos de la maloca, a diferencia de otras plantas de consumo (Schultes, 1980). La preparación de la coca en la región amazónica es muy diferente de la que se realiza en las montañas, probablemente por la carencia de limo en la mayor parte del Amazonas. En los Andes, se seca la hoja entera y se mezcla con sustancias alcalinas, las hojas de la variedad *ipadu* se tuestan y pulverizan para mezclarlas con cenizas de hojas de *Yarumo* (Género *Cecropia* Loeffl.) o de uva de monte (*Pourouma cecropiifolia* Mart. Cecropiaceae) y otras especies que varían según la localidad. Los Witotos del río Putumayo, en los límites entre Colombia y Perú, al parecer utilizan la coca silvestre, jipina coca, taife coca (*Stylogine amplifolia* J. F. Macbr. Myrsinaceae) como sustituto o aditivo de *E. coca* var. *ipadu*.

El *mambe*, como se le conoce en el Amazonas al polvo de hojas de coca y cenizas, es probablemente muy importante para la nutrición en esta zona, debido a que se consumen totalmente las hojas pulveriza-

das; a diferencia de las hojas consumidas en las montañas, que generalmente son escupidas después de un rato. Las formas de preparación del *mambe* en el Amazonas varían poco de tribu a tribu, pero en un grupo aislado de Tanimukas que viven en una vertiente del río Apaporis, lo mezclan con una resina vegetal. Entre los Witotos y Boras del río Ampiyacu en el Perú, al menos dos especies silvestres de *Erythroxylum* son usadas cuando no hay coca disponible: son *E. fimbriatum* Peyr. y *E. macrophyllum* Cav. Entre los Cubeos del río Vaupés en Colombia, *E. cataractarum* Spruce ex Peyr. puede usarse en lugar de la coca real, aunque no se tiene evidencia de su contenido de cocaína. (Schultes, 1980).

En fuerte contraste con el uso ancestral que durante más de 2.500 años tuvieron las plantas de coca para la cultura indígena como parte vital de sus creencias, la historia reciente nos muestra una realidad muy diferente con la producción industrial de cocaína, fenómeno que se ha incrementado mucho en los últimos tiempos (Henman, 1990). Desde la extracción y la purificación de la cocaína, la cual comienza a fines del siglo antepasado, se inicia la transición gradual en el empleo de la hoja de coca al alcaloide concentrado y desde las comunidades indígenas prehispánicas hasta los habitantes de las zonas urbanas.

La hoja de coca siempre ha sido un tema importante durante los últimos 500 años y continúa presentándose en los albores del siglo XXI. Desde tiempos remotos, los valles cálidos de la cordillera de los andes han sido los lugares de producción tradicional de la hoja de coca, tanto de la cuenca del Amazonas como en la vertiente del Océano Pacífico, y ello fue observado por los cronistas y autores de la época y reflejado en sus escritos.

La producción de la hoja de coca estuvo ligada al consumo, especialmente en las zonas altas, en donde se concentraba la población indígena y mestiza, también en la selva del Amazonas, donde la vertiente de esterfo se presenta como un eje de expansión del consumo de coca (Vásquez, 2003). Mientras que por otra parte, el empleo del alcaloide cocaína como analgésico y como droga recreativa fue en aumento, hasta que su uso generalizado mostró efectos nocivos colaterales, restringiendo su disponibilidad exclusivamente a la aplicación médica. A

partir de entonces, países como Colombia y Ecuador restringen de manera muy importante el cultivo de estas especies.

Hacia la década de los setenta, se detectó una disminución significativa en el uso de las hojas de coca, mientras que el alcaloide extraído de ellas fue reemplazándolas poco a poco, ya que inicialmente algunos creían que tenían el mismo efecto de la planta. *E. coca* var. *coca* se registra como la especie comercial más importante cultivada en la región de los Andes para la producción legal e ilegal de cocaína, sus hojas son mascadas por millones de indígenas de los Andes, debido a sus propiedades estimulantes y medicinales (Plowman, 1982). Desde ese periodo de aceptación y consumo masivo hasta ahora, persiste la confusión entre la planta de coca y el alcaloide cocaína extraído de sus hojas (Plowman, 1982; Davis, 2001), en el lenguaje común y aun en el contexto judicial.

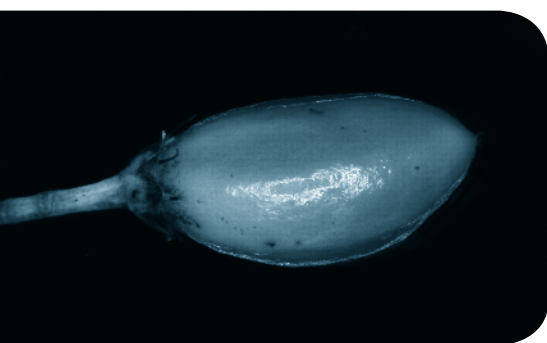
6. Problemática actual en Colombia sobre los cultivos ilícitos

En Colombia, el narcotráfico que se había iniciado con los cultivos de marihuana en los años sesenta, se vigorizó con la generalización del cultivo de coca y producción de cocaína a partir de los setenta, experimentando una gran expansión, debido entre otros aspectos a la campaña de erradicación y sustitución de cultivos en Perú y Bolivia. La presencia de cultivos ilícitos se extendió a los parques naturales y territorios indígenas; en el año 2006, de 51 parques nacionales naturales, se encontraron sembrados de coca en 14 de ellos, lo que representó el 5% del total de cultivos de coca en ese año. Desde el año 2000, el área deforestada para la siembra ha disminuido; se talaron 55.000 hectáreas en el periodo 2000-2001 y en el periodo 2005-2006 se talaron 8.332 hectáreas, mientras que los núcleos de áreas cocleras se han mantenido estables en los últimos cinco años (ONU-Gobierno de Colombia, 2007).

A finales de los años sesenta, Guaviare fue el primer departamento con cultivos ilícitos de coca en Colombia. Durante las décadas de los ochenta y noventa, el país presentaba una de las mayores áreas de cultivo de coca y de producción de cocaína en el mundo. Aunque desde el año 2001 en Colombia, los cultivos de coca

comenzaron a disminuir. Hasta el momento el país todavía es el principal cultivador de coca con el 50% de los cultivos mundiales, mientras que Perú y Bolivia representan 33% y 17%, respectivamente (ONU-Gobierno de Colombia, 2007).

Los cultivos ilícitos recientes se localizaban originalmente en regiones remotas y de difícil acceso, pero últimamente se han ubicado en áreas más desarrolladas del país, como la zona cafetera. Hasta hace 5 años, más del 69% de la coca crecía en pequeños parches y plantaciones de no más de 3 hectáreas (ONU-Gobierno de Colombia, 2004), pero los resultados del



Erythroxylum coca x
Erythroxylum novogranatense.
(?). *Esteriomicroscopia*.
A. Galindo.

censo reportado en el 2006 muestran que a finales de 2005, Colombia tenía alrededor de 86.000 hectáreas sembradas de coca, distribuidas en 23 de los 32 departamentos del país, lo que representa un aumento de 6.000 hectáreas (7.5%) desde el 2004 (ONU-Gobierno de Colombia, 2006).

Los cultivos de coca tienen gran dinámica en Colombia; varía el área cultivada y presentan una alta movilidad. En el periodo de un año se registraron diferentes variaciones que inciden en la reducción o aumento del área cultivada. Factores como precios favorables, presión de grupos armados a los campesinos, economía legal o crisis temporales, contribuyeron a aumentar el espacio cultivado; mientras que factores como la erradicación manual forzada, la aspersión aérea, la interdicción, el orden público y las enfermedades de las plantas, han sido cruciales para su reducción (ONU-Gobierno de Colombia, 2007).

El 85% de la producción mundial de cocaína tiene mercado en Estados Unidos, por tanto la política antidrogas de este país, iniciada en 1989, se concentra actualmente en afectar directamente la elaboración de alcaloides en Suramérica, específicamente en Colombia, Bolivia y Perú, mediante la ayuda económica propuesta en la llamada *Iniciativa Andina*. Después de 3 años se informó que el plan era infructuoso para lograr el objetivo de reducción de la producción de cocaína (Rouse & Arce, 2006) y posteriormente se generó el *Plan Colombia*.

Las políticas gubernamentales mundiales que intentan erradicar el mercado de bienes prohibidos, por ejemplo, drogas, prostitución o alcohol (durante su prohibición), generalmente tienden a estimular el crecimiento de los mercados negros, generando cambios operativos en estos y difícilmente se elimina la actividad ilícita, este fenómeno se conoce como “efecto balón”. Es decir que, al alterar las estrategias de producción ilícita en un área, se genera un desplazamiento y aumento de la producción en otras y se sugiere que la oferta y demanda de estos productos raramente se afecta cuando el gobierno intenta regularlos (Rouse & Arce, 2006).

Comparado con Colombia o Perú, Bolivia ha tenido éxito relativo en reducir el área de cultivo de coca, pero Bolivia tiene la economía más pobre de Sudamérica; las estrategias para su desarrollo económico alternativo han tenido poco éxito y los campesinos han realizado fuertes manifestaciones porque, consideran que sus derechos han sido vulnerados por las políticas de erradicación de Estados Unidos (Rouse & Arce, 2006). En Perú, la producción de coca es importante para los campesinos y para la economía local; y como en Bolivia, la ausencia de otras estrategias para el desarrollo alternativo impiden la reducción de los cultivos ilícitos (Rouse & Arce, 2006).

En Colombia, la situación es diferente, el país fue directamente afectado por el “efecto balón” de las estrategias aplicadas en Bolivia y Perú, las cuales tuvieron como consecuencia que desde la década de los 90 sea el principal productor de cocaína en el mundo. La lucha antidrogas en Colombia dismanteló los principales carteles que controlaban la producción de

cocaína, generando la atomización de esta actividad en unidades menos estructuradas y más eficientes. Esto ha causado la relocalización de los cultivos y desde entonces los productores de drogas ejercen presión sobre los campesinos, que como consecuencia han sido constantemente desplazados de sus tierras. Posiblemente el factor más complicado para la política de erradicación en Colombia corresponde a los esfuerzos por separar la economía basada en las drogas de los movimientos insurgentes, un problema que no está presente en Bolivia ni en Perú. (Rouse & Arce, 2006).

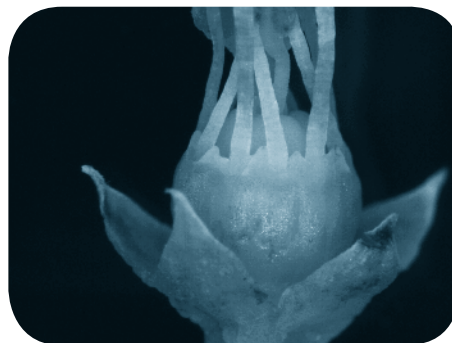
7. Perspectivas para el análisis de las plantas cultivadas del género *Erythroxylum*

En los trabajos de Plowman, se definieron las variedades taxonómicas de las dos especies de plantas cultivadas de este género. El concepto que definió estas variedades se mantiene vigente en las colecciones de la época, depositadas en el Herbario Nacional Colombiano. Al revisar el estado de las poblaciones actuales en Colombia, mediante el análisis morfológico, junto con una prospección anatómica, se observó que los caracteres propios de las especies y variedades que las definieron no pueden delinearse tan claramente en las muestras de cultivos recientes como en las históricas. Al parecer, la dinámica de estas poblaciones es extremadamente alta en la actualidad y probablemente la presión de selección que busca mejoras en la producción masiva de la hoja de coca es un punto crítico que incide sobre la misma. Estos factores obligan a continuar con estudios más detallados que permitan determinar la dimensión y estructura del cambio que se observa en las poblaciones de plantas de coca cultivadas en Colombia, actualmente con fines ilícitos (Galindo, 2008).

III. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF), Subdirección Científica - División de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico- por el apoyo al trabajo de investigación científica financiado y desarrollado dentro del proyecto #525. Al Instituto de Ciencias Naturales y la Universidad Nacional de Colombia, por

las facilidades dadas para la consulta del Herbario Nacional Colombiano y de la Biblioteca Armando Dugand. Agradecemos especialmente a los profesores Noel Olaya y Jesús Idrobo y al señor Carlos Dvorak, por su apoyo en las traducciones e interpretación del latín y alemán en los textos originales, y a Amanda Galindo por la revisión de estilo del texto original.



Erythroxylum coca Lam. var. *ipadu* Plowman. Estereomicroscopía. A. Galindo.

IV. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta de J. 1590. *Historia natural y moral de las Indias. Crónicas de América*. Ed. Jose Alcina Franch. Dastin S.L. Madrid, España.
- Aynilian, G. H., J. P. A. Duke, W. A. Gentner & N. R. Farnsworth. 1974. Cocaine content of *Erythroxylum* species. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 63:1938-1939.
- Belmonte, E., M. Ortega, P. Arévalo, V. Cassman & L. Cartmell. 2001. Presencia de la hoja de coca en el ajuar funerario de tres cementerios del periodo Tiwanaku: AZ-140, AZ-6 y PLM-3. Chungará (Arica) 33(1): 125-135.
- Bieri, S., A. Brachet, J. L. Veuthey & P. Christen. 2006. Cocaine distribution in wild *Erythroxylum* species. *Journal of Ethnopharmacology* 103:439-447.
- Bohm, B. A., F. Ganders & T. Plowman. 1982. Biosystematics and evolution of cultivated coca (*Erythroxylaceae*). *Systematic Botany* 7:121-133.
- Davis, W. 2001. El Río. *Exploraciones y descubrimientos en la selva amazónica*. Banco de la República. El Áncora Editores. Bogotá, Colombia.
- Davis, J. 2004. The Mystery of the Coca Plant That Wouldn't Die. *Wired Magazine*. Issue 12.11. Noviembre. <http://www.wired.com/wired/archive/12.11/columbia.html>
- Díaz-Piedrahíta, S. 1998. El medio ambiente colombiano y los cultivos ilícitos. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 22 (83):174-186.
- Duke, J., D. Aulik & T. Plowman. 1975. Nutritional value of coca. *Botanical Museum Leaflets*. 24(6):113-119.
- Fernández-Alonso, J. L., A. Galindo & J. Idrobo. 2007. Las plantas como evidencia legal. Desarrollo de la botánica forense en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 31 (119):181-198.
- Galindo A. 2005. Guía para la recolección y manejo de plantas psicotrópicas y material vegetal, para estudio botánico con fines forenses. *Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Colombia*.
- Galindo A. 2008. Revisión taxonómica de las especies cultivadas del género *Erythroxylum* P. Browne (*Erythroxylaceae*) y su aplicación en el contexto de la botánica forense en Colombia. *Tesis para optar al título de maestría en Biología Línea Sistemática Vegetal*. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Galindo A. 2009. Procedimiento Estandarizado de Trabajo: Determinación taxonómica de especies psicotrópicas de interés forense. Familia, *Erythroxylaceae* Kunth, género *Erythroxylum* P. Browne, especies cultivadas. *Sistema gestión de la Calidad. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Colombia*.
- Ganders, F. R. 1979a. The biology of heterostyly. *New Zealand Journal of Botany* 17:607-635.
- Ganders, F. R. 1979b. Heterostyly in *Erythroxylum coca* (*Erythroxylaceae*). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 78:11-20.
- García-Barriga, H. *Flora Medicinal de Colombia*. Tomos I - III. Edit. Tercer Mundo. Colombia. 1992.
- Henman, A. R. 1990. Coca and cocaine: their role in "traditional" cultures in South América. *The Journal of Drug Issues* (20) 4.
- Holmstedt, B. E. Jäättmä, K. Leander & T. Plowman. 1977. Determination of cocaine in some South American species of *Erythroxylum* using mass fragmentography. *Phytochemistry* 16:1753-1755.
- Johnson, E. L. W. F. Schmidt & H.A. Norman. 1998. Flavonoids as markers for *Erythroxylum taxa*: *E. coca* var. *ipadu* and *E. novogranatense* var. *truxillense*. *Biochemical Systematics and Ecology* 26:743-759.
- Johnson, E.L. J.A. Saunders, S. Mischke, C. S. Helling & S. D. Emche. 2003. Identification of *Erythroxylum* taxa by AFLP DNA analysis. *Phytochemistry* 64:187-197.
- Johnson, E.L., D. Zhang, S. Emche. 2005. Inter- and intra-specific variation among five *Erythroxylum* taxa assessed by AFLP. *Annals of Botany* 95:601-608.
- Lamarck, J. B. P. A. de Monet, Caballero de. 1786. *Encyclopédie méthodique. Botanique*. 2:393.
- Lathrap, D. W. 1976. Ancient Ecuador. Field Museum of Natural History. Chicago, Illinois. P.48.
- Ley 30 de 1986 y normas complementarias. Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Estupefacientes y se dictan otras disposiciones. Congreso de Colombia.
- Ley 793 de 2002. Las reglas que gobiernan la extinción de dominio. Congreso de Colombia.
- Machado, E. 1972. El género *Erythroxylum* en el Perú. Las cocas silvestres y cultivadas del país. *Raymondiana* 5(101):5-101.
- ONU- Oficina contra la droga y el delito & Gobierno de Colombia. 2004. Colombia, coca cultivation survey. Junio.
- ONU- Oficina contra la droga y el delito & Gobierno de Colombia. 2006. Colombia, monitoreo de cultivos de coca. Junio.
- ONU- Oficina contra la droga y el delito & Gobierno de Colombia. 2007. Colombia, monitoreo de cultivos de coca. Junio.
- Paz-Estensoro V. 1988 (Presidente Constitucional de la República de Bolivia). *Ley del régimen de la coca y sustancias controladas* No. 1008 DE 19 de julio de 1988.
- Plowman, T. 1978. Chromosome numbers in Neotropical *Erythroxylum* (*Erythroxylaceae*). *Botanical Museum Leaflets* 26(5):203-205.
- Plowman, T. 1980a. The identity of amazonian and trujillo coca. *Botanical Museum Leaflets* 27(1-2):45-68.
- Plowman, T. 1980b. Aspectos botánicos de la coca, pp. 100-117, en: F. R. Jerí (ed.). *Actas del seminario interamericano sobre aspectos médicos y sociológicos de la coca y de la cocaína*. Perú.
- Plowman, T. 1982. The identification of coca (*Erythroxylum* species): 1860-1910. *Botanical Journal Linnean Society* 84:329-353.
- Plowman, T. 1989. *Erythroxylaceae*. En *Flora of Ecuador*. 93:1-32.
- Plowman, T., & L. Rivier. 1983. Cocaine and cinnamoyl-cocaine content of *Erythroxylum* species. *Annals of Botany* 51:641-659.
- Plowman, T. & N. Hensold. 2004. Names, types and distribution of neotropical species of *Erythroxylum* (*Erythroxylaceae*). *Brittonia* 56(1):1-53.
- Rouse, S. & M. Arce. 2006. The drug-laden balloon: U.S. military assistance and coca production in the Central Andes. *Social Science Quarterly* 87(3):540-557.
- Rostworowski, M. de Diez Canseco. 1973. Plantaciones prehispánicas de coca en la vertiente del pacífico. *Revista del Museo Nacional (Lima)* 39:193-224.
- Rostworowski, M. de Diez Canseco. 1988. Conflicts over coca fields in sixteenth-century Peru. Ann Harbor. University of Michigan Museum of Anthropology. *Memoirs of the Museum of Anthropology*.
- Rottman, A. 1997 *Erythroxylum*: the coca plant. *Ethnobotanical Leaflets*. <http://www.siu.edu/~eb/leaflets/coca.htm>.
- Rury, P.M. & T. Plowman. 1983. Morphological studies and archeological and recent coca leaves (*Erythroxylum* spp.). *Botanical Museum Leaflets*, Harvard University 29:297-341.
- Sauvain, M., C. Rerat, C. Moretti, E. Saravia, S. Arrazola, E. Gutiérrez, A. M. Lema, V. Muñoz. 1997. A study of the chemical composition of *Erythroxylum coca* var. *coca* leaves collected in two ecological regions of Bolivia. *Journal of Ethnopharmacology* 56:179-191.
- Schultes, R. E. 1980. Coca in the northwest Amazon. *Botanical Museum Leaflets* 28 (1):47-59.
- Schulz, O. E. 1907. *Erythroxylaceae*. En: A. Engler (ed.) *Das Pflanzenreich*. IV (134)1-160.
- Schulz, O. E. 1931. *Erythroxylaceae*. En: A. Engler (ed.) *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*. 130-142.
- Sejourne, L. 1971 America Latina. I. Antiguas culturas precolombinas. *Historia Universal Siglo XXI*. Pág. 96-97.
- Vásquez, M. H. 2003. Una pregunta para la historia: la hoja de coca en la real audiencia de Quito (Ecuador) 1612-1748. *Folios segunda época*. UPN. 18:49-67.